



Munich Personal RePEc Archive

# **Relationship between energy consumption and economic growth in Madagascar: Empirical Approach, 1995-2015**

Fidimanantsoa Andriamanga

24 November 2017

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/82967/>

MPRA Paper No. 82967, posted 28 November 2017 01:40 UTC

# « RELATION ENTRE L'ENERGIE ET LA CROISSANCE ECONOMIQUE : APPROCHE EMPIRIQUE APPLIQUEE AU CAS DE MADAGASCAR POUR LA PERIODE 1995 A 2015 »

*Fidimanantsoa Andriamanga – Antananarivo, Madagascar -- Novembre 2017*

## **Résumé**

Avec des besoins énergétiques croissants et une augmentation continue des prix des hydrocarbures, ce travail vise à évaluer le lien entre l'énergie et l'économie à Madagascar. La mise en valeur de ces liens permettrait d'améliorer les impacts socio-économiques des politiques énergétiques : ce qui devrait contribuer au développement.

Le lien entre l'énergie et la croissance économique a été étudié dans plusieurs pays, mais aucun consensus n'a été mis en évidence. Ce travail vise à étudier les liens de cointégration entre la consommation d'énergie et le PIB pour le cas de Madagascar en utilisant le modèle ECM.

Ce qui a montré que l'électricité, l'hydrocarbure et le PIB sont liés par des équations de cointégration sur le court et le long terme. Sur le long terme, ces trois variables tendent à évoluer ensemble et en cas de variation sur le court terme, il y a une force de rappel très forte qui ramène l'équation à l'équilibre. Cette caractéristique de l'économie de Madagascar résulte en partie du sous-développement, de l'inexploitation de diverses ressources productives disponibles. Mais aussi à cause d'une longue période d'insuffisance de production d'énergie : ce qui a participé à l'affaiblissement de l'économie. Mais cette étude à montrer que, conformément aux résultats de l'AIE en 2000, comme dans la plupart des pays en développement ; qu'un investissement dans le secteur énergétique influe directement sur le niveau de vie en général, avec des proportions supérieures à toutes les autres variables sur le court terme.

## **Abstract**

With increasing energy needs and a continuous rise in hydrocarbon prices, this work aims to evaluate the link between energy and the economy in Madagascar. The enhancement of these links improves the socio-economic impacts of energy policies: what should contribute to development.

Electricity, hydrocarbon and GDP are linked by cointegration equations in the short and long term. In the long term, these three variables tend to evolve together and in the case of short-term variation, there is a very strong restoring force that brings the equation back to equilibrium. This characteristic of Madagascar's economy presents a part of the underdevelopment, of the inoperability of various productive resources available. But also because of a long period of insufficient energy production: which contributed to the weakening of the economy. But this study show that : an investment in the energy sector has a direct impact on the standard of living in general, with proportions higher than all other variables in the short term.

**Mots clés :** Energie, électricité, hydrocarbure, croissance économique, modèle économétrique ECM, Error Correction Model.

## **1. INTRODUCTION**

Avec des besoins énergétiques croissants, dans un contexte de tarissement des ressources fossiles, l'Assemblée Générale des Nations Unies a adopté en 2015 l'Objectif du Développement Durable numéro 7 : *“Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable”*

Dans le cas de Madagascar, ce travail de recherche vise à évaluer la place de l'énergie dans le processus de production. Ce qui à terme permettrait d'élaborer des politiques énergétiques plus conformes aux réalités économiques et donc améliorer les impacts socio-économiques des décisions politiques.

A travers ce papier, nous abordons la problématique suivante :

***Jusqu'à quelle mesure est-ce que la disponibilité de l'énergie influe sur la croissance économique ou est-ce que l'offre d'énergie limite seulement la capacité de production à Madagascar ?***

De cette question fondamentale découlent deux questions auxiliaires :

- ***Existe-t-il une relation bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique à Madagascar ?***
- ***Comment est-ce que le niveau de vie réagit à une hausse de l'offre d'énergie ?***

L'objectif de cette étude consiste à déterminer l'influence du développement du secteur énergétique sur la croissance économique à Madagascar.

Le présent article est organisé de la façon suivante : dans la première partie, une revue de littérature théorique et empirique sur la relation entre la consommation d'énergie et le PIB. Et la deuxième partie sera consacrée à l'étude empirique de la relation entre la consommation d'énergie des secteurs productifs et le PIB à Madagascar en utilisant les modèles ECM.

## **2. REVUE DE LITTÉRATURE**

Il y a deux grands types d'approches dans l'étude économique de l'énergie : l'approche théorique et l'approche empirique.

### ***2.1. Les études théoriques sur le lien entre l'énergie et le processus de production***

Brown(Brown, 2011) a montré que théoriquement, l'énergie est un facteur limitatif de la croissance. La disponibilité de l'énergie impose des contraintes fondamentales sur la croissance de l'économie et sur le développement. Les économistes de l'école écologiste ont cherché à corriger les facteurs de productions classiques pour introduire l'énergie. Ils considèrent que pour produire un bien, il faut le travail, le capital et pour faire fonctionner le capital il faut de l'énergie. Ces diverses études théoriques sur la relation entre le processus de production et la

consommation d'énergie ont pris une dimension supérieure au XXI<sup>e</sup> siècle avec le changement climatique et la prise en compte de la finitude des ressources naturelles. Les auteurs récents élaborent des théories sur la possibilité de croissance économique avec moins d'énergie ou la recherche de ressources énergétiques alternatives.

## **2.2. Les études empiriques**

La question de la demande d'énergie est un domaine bien documenté tant dans les pays en développement que dans les économies développées. Cette section passe brièvement en revue la littérature empirique précédente dans ce domaine. L'énergie est un intrant essentiel pour la continuité du processus de production. Une étude de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) qui incluait l'énergie dans les fonctions de production de certains pays en développement pour la période 1981-2000; concluait que l'énergie jouait un rôle très important dans la croissance économique par rapport aux autres variables de la fonction de production (Agence Internationale de l'Energie, 2000). Une augmentation de la consommation d'énergie devrait conduire à une croissance plus élevée et sa carence pourrait entraîner un ralentissement du processus de croissance, et la croissance économique pourrait également affecter la demande d'énergie de manière significative (Siddiqui, R, 2004).

Les données pour le Pakistan révèlent également que: la consommation d'énergie affecte considérablement la croissance économique; et qu'il existe une causalité bidirectionnelle entre la croissance économique et la consommation de produits pétroliers et aucune relation causale entre la consommation de gaz naturel et la croissance économique (Aqeel, A. & Butt, M.S., 2001). Cependant, les possibilités de substitution sont limitées entre les intrants énergétiques et non énergétiques et entre l'électricité et le gaz pour la période 1972-1993 (Mahmud, 2000).

De nombreuses études ont examiné la relation causale entre la consommation d'énergie et la croissance économique. La consommation d'électricité présente un intérêt particulier, car elle n'est pas seulement liée à la richesse économique, mais aussi un indicateur du développement socio-économique. Par exemple, Ferguson (Ferguson, R, Wilkinson, W, & Hill, R., 2000) constate qu'il existe une forte corrélation entre l'utilisation de l'électricité et le développement économique dans une étude couvrant plus de 100 pays. Ils ont conclu qu'il existe une forte corrélation entre l'utilisation de l'électricité et la création de richesse. Puisque l'analyse de corrélation n'implique pas de causalité; des études récentes (par exemple (Ghosh, S., 2002) (Shiu, A. & Lam, P., 2004) (Morimoto, R. & Hope, C., 2004), (Jumbe, C.B.L, 2004), (Wolde-Rafael, Y., 2004), (Narayan, P.K. & Smyth, R., 2005) (Yoo, S., 2005)) ont mis l'accent sur la relation occasionnelle entre la consommation d'électricité et la croissance économique dans plusieurs pays en développement. Ce type d'information est utile pour comprendre les implications de la politique énergétique. Nous trouvons des résultats très mitigés d'études antérieures, car il n'y a pas de consensus sur l'existence ou sur la direction de la causalité. Le tableau 1 rapporte les résultats de certaines études récentes.

Tableau 1 Résultats de certaines études

Auteurs	Variables	Méthodologie	Pays et période	Résultats
(Jamil, F. & Ahmad, E., 2010)	PIB, prix de l'électricité, consommation d'électricité, nombre de clients	cointégration de Johansen, VECM causalité de Granger	Pakistan 1970-2006	La croissance du PIB entraîne une consommation d'énergie. La croissance de la production dans les secteurs commercial, manufacturier et agricole a tendance à augmenter la consommation d'électricité
(Khan, M.A. & Qayyum, A., 2009)	PIB, prix de l'électricité, consommation d'électricité, nombre de clients, température	ARDL	Pakistan 1970-2006	Le revenu et le nombre de clients exercent un impact positif sur la demande d'électricité à long terme et à court terme. Le prix de l'électricité exerce un effet négatif sur la demande d'électricité à long terme au niveau agrégé ainsi que sur le niveau de désagrégation.
(Aqeel A. & Butt M.S., 2001)	PIB par habitant, énergie par habitant, gaz, électricité, consommation de pétrole	Test de cointégration Version de Hsiao de la causalité de Granger	Pakistan 1956-1996	La croissance du PIB provoque la consommation d'énergie La croissance du PIB provoque la consommation de pétrole Pas de causalité dans la consommation de gaz et le PIB
(Mehrara, M., 2007)	PIB par habitant, consommation d'énergie par habitant	Cointégration en donnée de Panel Causalité de Granger en Panel	Pays exportateurs de pétroles 1971-2002	Causalité unidirectionnelle de la croissance économique vers la consommation d'énergie.
(Narayan,P.K. & Smyth, R., 2008)	PIB, consommation d'énergie, capital fixe brut (tous par habitant)	cointégration en panel avec et sans rupture structurelle, causalité de panel	Pays du G7 1972-2002	L'investissement, la consommation d'énergie et la croissance du PIB sont cointégrées.  La formation de capital et la consommation d'énergie entraînent une croissance positive du PIB réel à long terme.
(Ozturk, I. & Acaravci, A., 2010)	PIB, émission de dioxyde de carbone, consommation d'énergie (tous par habitant), taux d'emploi	ARDL	Turquie 1968-2005	Ni les émissions de carbone ni la consommation d'énergie ne provoquent la croissance du PIB. Le taux d'emploi entraîne une croissance du PIB
(Ghosh, S., 2002)	PIB par habitant, consommation d'électricité par habitant	Approche de Engel-Granger Causalité de Granger	Inde 1950-1997	Pas de cointégration  Causalité unidirectionnelle de la CE à la croissance du PIB
(Shiu,A. & Lam, P., 2004)	PIB réel, consommation d'électricité	cointégration de Johansen	Chine 1971-2000	La Consommation d'électricité entraîne la croissance du PIB
(Morimoto, R. & Hope, C., 2004)	PIB réel, production d'électricité	Causalité de Granger	Sri Lanka 1960-1998	La production d'électricité provoque la croissance du PIB

A partir de cette revue de littérature, deux méthodologies différentes permettent de tester la relation causale entre la demande d'énergie et la croissance du PIB réel. L'un est la non-causalité de Granger - le test de Dolado-Lutkepohl utilisant le Vecteur Autorégressif Structurel (SVAR) - et l'autre est le test de causalité de Granger standard. La plupart des études cherchent à montrer des relations de causalités dans le sens de Granger, des relations de corrélation et déterminer l'élasticité prix de l'énergie et PIB.

### **3. ETUDE EMPIRIQUE: énergie et PIB à Madagascar, 1995-2015**

#### **3.1. Spécification du modèle**

Le modèle sera inspiré du modèle de production de Chang et Lee (LEE C., 2008). En remplaçant le stock de capital par la consommation d'hydrocarbure. En effet, dans une économie en développement, les études précédentes ont montré qu'une variation faible de la quantité d'énergie offerte influe beaucoup sur la quantité de la production indépendamment du stock de moyens de production disponible<sup>1</sup>. Ce qui nous a poussés à dédoubler la variable énergétique et à ne pas prendre en compte le stock de capital. Le modèle sera donc de la forme suivante :

$$Pib_t = f(Elec_{t,t-1,t-2...}, Hydro_{t,t-1,t-2...}) \quad (1)$$

Avec Pib, le produit intérieur brut de l'année t, Elec la consommation en électricité des secteurs productifs (Agriculture, industrie et service) au temps t, t-1, t-2... et Hydro la consommation en hydrocarbure des secteurs productifs.

Ce modèle vise donc à exprimer la production d'une année en fonction de la consommation énergétique (électricité et hydrocarbure) de cette année et des années précédentes. Si les résultats de la recherche sont pertinents et que des relations sont mises en évidence entre la consommation d'énergie et le niveau de la production ; alors, l'intérêt de ce modèle vient du fait qu'il est en général plus facile d'influencer le niveau de l'offre d'énergie que du Pib directement.

Remarque: Seule la consommation d'électricité et d'hydrocarbure des ménages ne serait donc pas prise en compte dans l'analyse.

L'hypothèse qui conduit à l'exclusion des consommations des ménages : les ménages ne produisent pas de biens et services marchands, mais consomment le produit des autres secteurs.

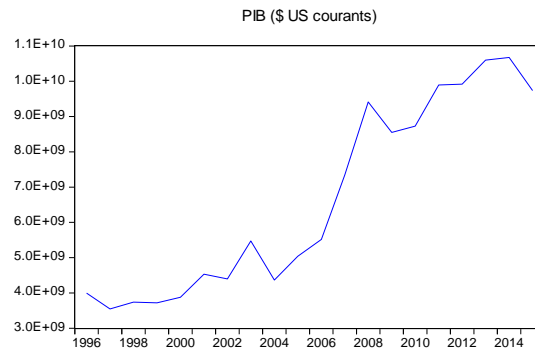
#### **3.2. Les données statistiques de l'analyse empirique**

Nous souhaitons estimer dans le cas de l'économie de Madagascar l'équation (1) sur un échantillon de données annuelles portant sur la période 1995-2015. Les données sont tirées des statistiques de la banque mondiale, ainsi que des bilans énergétiques du Ministère de l'Eau de l'Energie et des Hydrocarbures (MEEH).

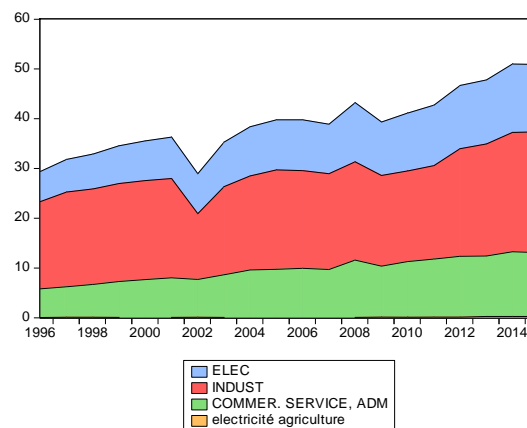
---

<sup>1</sup> En règle générale, plus un pays est développé et moins la variation à la hausse de l'offre d'énergie influe sur le niveau de la production. Cela vient du fait que l'économie se rapproche déjà de sa capacité productive maximale (« plein emploi »). Et inversement, plus l'économie est sous-développée et plus une hausse de l'offre d'énergie entraîne des variations importantes dans le niveau de la production. Ce qui est dû à l'abondance des moyens de production non utilisés dans le pays à cause des coûts élevés de l'énergie.

### **3.2.1. Le PIB**



### **3.2.2. La consommation d'électricité des secteurs productifs**

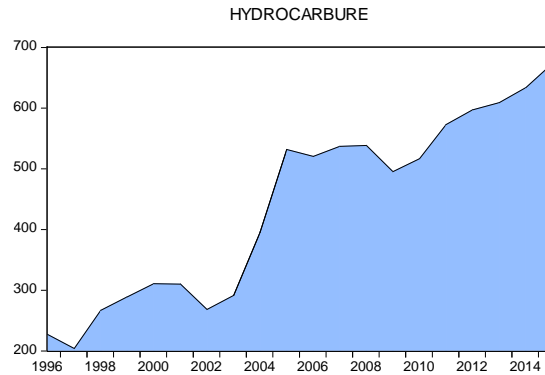


Ce graphique montre que :

- la consommation d'électricité du secteur agricole est quasi-inexistante à Madagascar
- la consommation du secteur service est en hausse, mais très constant dans le temps
- la consommation du secteur industrie détermine les variations de la consommation totale.

Les consommations du secteur industrie évoluent en fonction des contextes économiques et politiques nationales et internationales (crises politiques à Madagascar en 2002, crise financière internationale...) Mais graphiquement, c'est le secteur industrie qui consomme le plus d'électricité et cette consommation est en hausse.

### **3.2.3. La consommation d'hydrocarbure des secteurs productifs**



A Madagascar, une grande partie de la production d'électricité provient des centrales thermiques fonctionnant à l'hydrocarbure. Cette partie de la consommation d'hydrocarbure n'est pas prise en compte dans cette étude. Seule la consommation du secteur agriculture, industrie et service sera prise en compte.

### 3.3. Test de racine unitaire

L'application du test de ADF (Dickey Fuller Augmenté), (Dickey, D. & Fuller, W., 1979, 1981) nécessite au préalable de choisir le nombre de retards « p » à introduire de sorte à blanchir les résidus. La valeur « p » de retard est déterminée soit à l'aide de la fonction des autocorrélations partielles; soit à l'aide de la statistique de Box-Pierce, soit à l'aide des critères d'Akaike (AIC) ou de Schwartz (BIC) (Darne, O. & Terraza, M., 2002).

Dans notre étude nous avons appliqué le test ADF et nous avons déterminé le nombre de retards à l'aide de la fonction des autocorrélations partielles en étudiant la significativité des coefficients des corrélations partielles. L'application de cette méthode en se basant sur l'étude de corrélogramme des différentes variables de l'équation (2), nous a permis d'obtenir le retard « un » pour toutes les variables.

Après avoir déterminé le retard pour chaque variable, nous avons adopté la stratégie séquentielle du test d'ADF pour étudier la stationnarité des variables de l'étude. Le tableau suivant résume notre application :

Tableau 2 Test de Dickey –Fuller augmenté

Variables	Nombre de retard	ADF	Ordre d'intégration
$Elec_t$	1	-1.275204	I (1)
$dElec_t$	1	-17.14170	I (0)
$Hydro_t$	1	-2.875170	I (1)
$dHydro_t$	1	-15.39480	I (0)
$Pib_t$	1	-1.242367	I (1)
$dPib_t$	1	-19.55380	I (0)



En comparant les valeurs calculées de ADF (Tableau 2) avec la valeur critique de ADF pour un seuil de signification de 5 %. Cette comparaison nous montre que l'hypothèse nulle de non-stationnarité est refusée pour toutes les variables, par contre on constate que l'hypothèse nulle est rejetée pour tous en différences premières (Tableau1).

Les séries (électricité, hydrocarbure et Pib) sont alors intégrées d'ordre 1, vu que la différence première de chacune de ces variables est stationnaire I (0).

### **3.4. Test de cointégration**

Une condition nécessaire de cointégration consiste à ce que les séries soient intégrées de même ordre, sinon elles ne peuvent pas être cointégrées. Ce test ne sera approprié que si les variables dans la première étape sont intégrées du même ordre. La cointégration signifie l'existence d'une ou plusieurs relations d'équilibre à long terme qui peut être combinée avec les dynamiques de court terme des séries. Dans ces conditions, on utilise un modèle à correction d'erreur. Pour étudier l'existence d'une relation de long terme entre les variables du modèle, deux méthodes sont appliquées :

- la méthode générale du maximum de vraisemblances (Johansen, S., 1988, 1991, 1995; Johansen, S. & Juselius, K., 1990).
- et la méthode de deux étapes d'Engle et Granger (Engle, R.F. & Granger, C.W.J., 1987).

#### **3.4.1. Application du test de Johansen**

Le test de la Trace de Johansen, nous permet de détecter le nombre de vecteurs de cointégration. Les hypothèses de ce test sont :

- $H_0$  : il existe au plus « r » vecteurs de cointégration ;
- $H_1$  : il existe au moins « r » vecteurs de cointégration.

Nous acceptons  $H_0$  lorsque la statistique de la Trace est inférieure aux valeurs critiques à un seuil de signification de 5%. Par contre, nous rejetons  $H_0$  dans le cas contraire. Ce test s'applique d'une manière séquentielle de « r » = 0, jusqu'à ce que « r » = k-1.

Tableau 3 Test de cointégration de Johansen

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Probabilité
None *	0.601955	35.09813	35.01090	0.0489
At most 1 *	0.583007	18.51669	18.39771	0.0481
At most 2	0.142745	2.772366	3.841466	0.0959

Nous testons, en premier lieu, l'hypothèse où le nombre de vecteurs de cointégration est strictement égal à zéro ( $r = 0$ ). De ce test, nous constatons que la statistique de la Trace, pour «  $r$  » = 0 (35.09813), est supérieure à la valeur critique au seuil statistique 5% (35.01090). Ceci nous pousse à rejeter  $H_0 : « r » = 0$ .

Nous testons, en second lieu, l'hypothèse où le nombre de vecteurs de cointégration est strictement égal à un («  $r$  » = 1). La statistique de la Trace, pour «  $r$  » = 1 (18.51669), est supérieure à la valeur critique (18.39771). Ce qui nous amène, donc, à rejeter  $H_0 : « r » = 1$  au seuil de 5%.

Nous testons, l'hypothèse où le nombre de vecteurs de cointégration est strictement égal à deux ( $r = 2$ ). La statistique de la Trace pour «  $r$  » = 2 (2.772366) est inférieure à la valeur critique (3.841466). Ceci nous amène à accepter  $H_0 : « r » = 2$  au seuil de 5%. Le test de la Trace de Johansen, nous permet de conclure qu'il existe deux relations de cointégration entre les trois variables.

### **3.4.2. Application de la méthode de Engle et Granger**

La notion de cointégration postule que si deux variables X et Y sont intégrés d'ordre un [I (1)] et s'il existe une combinaison linéaire de ces variables, qui est stationnaire I (0); alors on peut conclure que X et Y sont cointégrés d'ordre (1,1).

Nous avons déjà montré que les séries sont non stationnaires et intégrées de même ordre. Il nous reste, alors, à tester si les résidus de cette combinaison linéaire sont stationnaires. Dans le cas échéant, les déviations par rapport à la valeur d'équilibre tendent à s'annuler dans le temps. Donc, cela signifie qu'une relation de long terme existe entre les variables. Nous estimons, dans une première étape, la relation de long terme par les MCO

$$\text{PIB} = 172449205.846 * \text{ELEC} + 8927551.67956 * \text{HYDRO} - 4062045261.95 + \varepsilon_t \quad (2)$$

On déduit de l'estimation de la relation statique (2) la série des résidus. Il y a lieu de rappeler que :

- si les résidus sont non stationnaires, la relation estimée de long terme (2) est une régression fallacieuse ;
- si les résidus sont stationnaires, la relation estimée de long terme (2) est une relation de cointégration.

Les calculs du test ADF sur les résidus de la relation statique entre le PIB par l'électricité et l'hydrocarbure nous permettent de constater que la statistique ADF estimée (-3.405803) est inférieure à la valeur tabulée au seuil de 5% (-3.040391). Cela nous conduit à rejeter l'hypothèse de non-stationnarité de résidu. Ce qui implique que les résidus de la relation statique sont stationnaires.

Par conséquent, les variables : PIB, consommation d'électricité et

consommation d'hydrocarbure sont cointégrées. Compte tenu de ces résultats, il est possible, alors, d'estimer le modèle à correction d'erreur.

### 3.5. Estimation du modèle ECM (Error Correction Model)

Après avoir examiné la stationnarité des séries et la cointégration entre les variables, nous passons à l'étape de l'estimation des coefficients du modèle. Nous estimons les paramètres de l'équation statique de niveau de pauvreté (DC), selon Engle-Granger (1987), qui a la forme suivante :

$$Pib_t = \alpha_0 + \alpha_1 Elec_t + \alpha_2 Hydro_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Ce qui nous donne l'équation :

$$PIB = -4062045261.95 + 172449205.846 * ELEC + 8927551.67956 * HYDRO + \varepsilon_t \quad (4)$$

L'étude de la relation de court terme par le biais de ECM, nous permet d'analyser d'une part la vitesse de convergence du niveau du PIB vers son niveau d'équilibre de long terme ; et d'autre part la contribution des fondamentaux à la dynamique de court terme. Cela nous amène à tester la signification des paramètres de l'équation de court terme suivante :

$$\Delta Pib_t = \varphi Z_{t-1} + \sum_{i=0}^p a_i \Delta Elec_{t-i} + \sum_{i=0}^p b_i \Delta Hydro_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Avec :

$$Z_{t-1} = Pib_{t-1} - (\alpha_0 + \alpha_1 Elec_{t-1} + \alpha_2 Hydro_{t-1} + \varepsilon_{t-1})$$

Où  $Z_{t-1}$  représente le résidu de la relation de cointégration, et  $\varphi$  le terme de correction d'erreur (la force de rappel ou terme d'ajustement).

Modélisons le PIB en fonction des résidus de la période précédente, du PIB retardé d'une période, de la consommation d'électricité des secteurs productifs retardée d'une période et de la consommation d'hydrocarbure des secteurs productifs retardée d'une période.

Le modèle ECM de l'équation de notre modèle par l'approche de Granger est comme suit :

$$\Delta Pib_t = -0.63e_{t-1} - 0.21\Delta Pib_{t-1} - 0.46\Delta Pib_{t-2} + 179751038\Delta Elec_{t-1} + 149062897\Delta Elec_{t-1} - 21100490\Delta Hydro_{t-1} + 9545287\Delta Hydro_{t-2} + 1007798148.52 \quad (6)$$

Avec  $e_{t-1}$  la relation de long terme

$$e_{t-1} = Pib_{t-1} + 40040912.196 * Elec_{t-1} - 33702492.1186 * Hydro_{t-1} - 7421170085.96$$

De l'équation (6), nous constatons que le coefficient associé à la force de rappel est négatif (0.63) et significativement différent de zéro au seuil statistique de 5% (son « t » de Student est supérieur à la valeur tabulée). Il existe, donc, un mécanisme à correction d'erreur (d'ajustement). Ce mécanisme indique la

convergence des trajectoires de la série des PIB vers la cible de long terme. Ce qui signifie que les chocs sur le PIB par tête de Madagascar se corrigent à 63% par effet de feed-back des variables énergétiques. En utilisant l'inverse du coefficient de force de rappel, pour calculer la durée de convergence, nous pouvons tirer la conclusion qu'un choc constaté au cours d'une année donnée est entièrement résorbé au bout de 1 an et 6 mois et demi.

### 3.6. Test de causalité de Granger

HYDROCARBURE does not Granger Cause ELEC	18	0.39819	0.6794
ELEC does not Granger Cause HYDROCARBURE		0.34123	0.7171
Y does not Granger Cause ELEC	18	1.43203	0.2741
ELEC does not Granger Cause Y		2.79365	0.0979
Y does not Granger Cause HYDROCARBURE	18	3.17479	0.0754
HYDROCARBURE does not Granger Cause Y		5.55242	0.0181

Le test de Granger met en évidence les relations de causalité sur le long terme entre les variables. C'est-à-dire qu'il montre les variables qui causent les modifications des autres variables. Dans notre cas, aucune des variables n'est une cause : ce qui signifie que la relation de cointégration entre les variables énergétiques et le PIB est une relation de cointégration stable ; la variation de l'une des variables prises au hasard influe forcément sur les autres variables.

Ce résultat rejoint les résultats de l'étude sur l'énergie à Madagascar (Amélie Voninirina & Saminirina Andriambelosoa, 2014) sur l'absence de causalité entre l'électricité et la croissance économique.

## 4. RECOMMANDATIONS

Ce travail avait pour objectif de déterminer l'influence du développement du secteur énergétique sur la croissance économique à Madagascar. L'analyse du modèle ECM a montré qu'il y a une relation d'équilibre de long terme entre l'électricité, l'hydrocarbure et le PIB et que la force de rappel des chocs à court terme est très significative (63%). Cette forte dynamique de court terme à la hausse signifie que l'économie de Madagascar est « très » loin de ses potentiels de croissances (loin du plein emploi des ressources) : un petit choc dans l'offre d'énergie entraîne une forte hausse des productions.

1. Ce qui signifie qu'il y a une quantité conséquente de capital (humain, technique, matériel, financier...) sous-utilisé à cause de la contrainte énergétique à Madagascar. La force de la force de rappel met en évidence le comportement à court terme de la cointégration énergie/PIB. *(Remarque : la puissance de la force de rappel résulte aussi sûrement d'une décennie de coupure journalière de courant : ce qui réduit la quantité de moyens de production utilisée.*

*Et qu'une variation à la hausse rendrait ces moyens à nouveau utilisables, donc une hausse de la production). Une hausse de la production d'électricité (et/ou d'hydrocarbure) entraîne un accroissement conséquent du niveau de vie à CT et sur le LT ; et inversement, une baisse de l'offre d'énergie (délestage, pénurie de carburant, hausse des prix...) entraîne des manques à gagner aux agents économiques et empêche la hausse de la production sur le long terme.*

2. Il y a donc une relation bidirectionnelle entre l'énergie et le PIB sur le long et le court terme. Ce modèle constitue donc un outil d'élaboration de politique : **il est possible d'influencer la variation du PIB à travers les offres d'énergie**. Cette étude montre que le niveau de la production (PIB) est expliqué par le niveau de la consommation d'énergie pour produire. Ce qui rejoint les théories économiques de l'école écologiste sur la place de l'énergie en tant que facteur de production difficilement substituable. Et plus une économie est sous-développée et plus les chocs (positifs) de la consommation d'énergie sur le niveau de production sont élevés (à CT et à MT). **En d'autres termes, il est donc possible pour le cas de Madagascar de fixer des objectifs de croissance économique et d'établir des niveaux de production d'énergie correspondant (surtout à court terme).**
3. L'absence de causalité entre les trois variables (hydrocarbure, électricité et PIB) ; et l'existence de deux relations de cointégration forte signifie que ces variables sont liées entre elles : **il suffit d'agir sur l'un des trois variables pour avoir des résultats sur les deux autres**. Au lieu d'avoir trois politiques distincts, avec des dépenses différentes, il suffit d'avoir une seule bonne politique. Parmi les trois variables, le concept de « PIB » reste assez compliqué à influencer alors que la consommation d'énergie (électricité ou hydrocarbure) est plus maîtrisable. Dans le cas de Madagascar, cette relation durera tant que la structure de l'économie ne change pas. Or, les transitions énergétiques actuelles tendent à remplacer les hydrocarbures par de l'électricité (exemple : véhicule électrique ou hybride...) ; ce qui signifie que la cointégration (hydrocarbure, électricité et PIB) restera stable, mais que la part de l'hydrocarbure sera attribuée à l'électricité.

## **5. Références bibliographiques**

- Agence Internationale de l'Energie. (2000). World Energy Outlook 2000.
- Amélie Voninirina, & Saminirina Andriambelosoa. (2014, janvier). Etude sur l'énergie à Madagascar.
- Aqeel, A., & Butt, M.S. (2001). The relationship between energy consumption and economic growth, p. 101-110.
- Aqeel A., & Butt M.S. (2001, décembre). The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. *Asia-Pacific Development Journal*.
- Brown. (2011, janvier). Energetic limits to economic growth.
- Darne, O., & Terraza, M. (2002). Les tests de non-stationnarité des séries temporelles non saisonnières en économie : une revue de littérature.

- Dickey, D., & Fuller, W. (1979, juin). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, p. 427-43.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root, p. 1057-1072.
- Engle, R.F., & Granger, C.W.J. (1987, mars). Co-integration and error correction: representation, estimation and testing, p. 251-276.
- Ferguson, R, Wilkinson, W, & Hill, R. (2000). Electricity use and economic development, p. 923-934.
- Ghosh, S. (2002). Electricity consumption and economic growth in India, p. 125-129.
- Jamil, F., & Ahmad, E. (2010). The relationship between electricity consumption, electricity prices and GDP in Pakistan, p. 6016-6025.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegrating vectors, p. 231-254.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vectors autoregressive models, p. 1551-1580.
- Johansen, S. (1995). Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inferences on cointegration with application to the demand for money, p. 160-210.
- Jumbe, C.B.L. (2004). Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi, p. 61-68.
- Khan, M.A., & Qayyum, A. (2009, mars). The demand for electricity in Pakistan, p. 70-96.
- LEE C. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data, p. 50-65.
- Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries, p. 2939-2945.
- Morimoto, R., & Hope, C. (2004). The impact of electricity supply on economic growth in Sri Lanka, p. 77-85.
- Narayan, P.K., & Smyth, R. (2005). Electricity consumption, employment and real income in Australia: evidence from multivariate Granger casualty test, p. 1109-1116.
- Narayan, P.K., & Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks, p. 2331-2341.
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey, p. 3220-3225.
- Shiu, A., & Lam, P. (2004). Electricity consumption and economic growth in China, p. 47-54.
- Siddiqui, R. (2004). Energy and economic growth in Pakistan, p. 175-200.
- Wolde-Rafael, Y. (2004). Disaggregated industrial energy consumption and GDP: the case of Shanghai 1952-1999, p. 47-54.
- Yoo, S. (2005). Electricity consumption and economics and economic growth: evidence from Korea, p. 1627-1632.